

# ОЦЕНИВАНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ В РАМКАХ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

*Еремина С.В.*

Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург

E-mail: [es-monami@yandex.ru](mailto:es-monami@yandex.ru)

Причина возрастания или изменения гидрометеорологических рисков, связанных с проектированием и эксплуатацией железнодорожного транспорта и определяемых изменением климата и переменной антропогенной нагрузкой – методологическая.

Практически все методы определения основных гидрологических характеристик (ОГХ) основаны на предположении, что используемые ряды являются однородными и стационарными и направлены на построение кривых обеспеченностей, отражающих вероятность превышения тех или иных значений расходов или уровней воды [1–3]. В условиях изменения климата и переменной антропогенной нагрузки такое допущение нельзя считать обоснованным.

В 2013 г. в Российском государственном гидрометеорологическом университете (РГГМУ) была разработана специальная многокомпонентная технология мониторинга, расчёта и прогнозирования гидрометеорологической уязвимости гидротехнических сооружений в условиях изменения климата и переменной антропогенной нагрузки [4], учитывающая мировые тренды в области математического моделирования гидрометеорологических процессов, перспективные разработки, выполненные специалистами РГГМУ и других ведущих российских исследовательских организаций, а также рекомендации Всемирной Метеорологической Организации (ВМО). Эта технология реализована при помощи автоматизированной системы «VACES-HS» [1].

Система «VACES-HS» (от англ. «Vulnerability Assessment of Civil Engineering Structures», шифр HS идентифицирует назначение АС: Н – hydraulic (гидротехнический); S – small (малый)), предназначена для мониторинга и долгосрочного оценивания вероятностной компоненты гидрологических рисков на основе метода главных компонент, известного в англоязычной литературе как Principal Component Analysis (PCA) или Singular Spectrum Analysis (SSA). Он обладает двумя ключевыми опциями:

- опцией обнаружения точек разладки
- опцией расчёта значений расходов или уровней воды заданной обеспеченности.

Изменения климата и переменная антропогенная нагрузка на речные водосборы могут приводить к нарушению однородности, стационарности, а также другие стохастические свойства временных рядов. В результате выполненные ранее расчёты основных гидрологических характеристик становятся ненадёжными, и возрастает гидрометеорологическая уязвимость элементов железнодорожной инфраструктуры.

Предлагаемая методика оценивания влияния антропогенных и климатических изменений на гидрометеорологическую уязвимость железнодорожного транспорта состоит из трех основных частей.

1) Анализ временного ряда тестируемых гидрологических или метеорологических характеристик (среднего годового расхода воды, среднего расхода воды за половодье, средних месячных расходов воды, средних расходов за меженьный период, годовых минимальных и максимальных расходов, а также метеорологических статистических характеристик – средних осадков, испарения и т.д.) на предмет обнаружения точек разладки. Наличие точек разладки является атрибутом нарушения стохастических свойств (в частности, однородности и стационарности) рассматриваемого гидрометеорологического процесса вследствие влияния антропогенных и/или климатических изменений.

2) Расчёт статистических характеристик для отдельных интервалов рассматриваемого временного ряда, находящихся между точками разладки. Определяемые статистики количественно характеризуют влияние антропогенных и климатических изменений на исследуемые процессы, обуславливающие формирование стока. Их перечень в общем случае зависит от целей решаемых задач.

3) Статистическое прогнозирование временного ряда и конкретных ОГХ.

Обнаружение и сопоставление точек разладки «входных» (метеорологических) и «выходных» (гидрологических) процессов является чрезвычайно эффективным способом идентификации природы изменений, происходящих на водосборе. Так, например, если время разладки гидрологического ряда совпадает со временем разладки метеорологического ряда или несколько задерживается по отношению к нему, то можно сделать вывод о том, что обнаруженные изменения процесса формирования стока на водосборе обусловлены, скорее всего, изменением климата (что не отрицает

возможности влияния антропогенных изменений). Если же при анализе метеорологических процессов точек разладки не обнаружено, очевиден вывод о том, что обнаруженные изменения процесса формирования стока на водосборе обусловлены антропогенными причинами.

Помимо выполнения исключительно расчетных функций, АС «VACES-HS» обладает весьма эффективным инструментарием для краткосрочного прогнозирования стока. Оно выполняется в управляемом или автоматическом режиме следующим образом:

- 1) Считываются данные об осадках, испарении и фактическом стоке.
- 2) Запускается модель MLCM2 (от англ. «Multi-Layer Conceptual Model») – многослойная концептуальная модель, которая позволяет рассчитать ожидаемые расходы воды [5].
- 3) Эти расходы сравниваются с расходами заданных обеспеченностей, определёнными выше; определяется их обеспеченность.
- 4) Если обеспеченность меньше предопределённого порогового значения, выдаётся автоматическое предупреждение.

Основными достоинствами разработанной технологии являются возможность прогнозирования риска формирования катастрофических паводков с заблаговременностью до 3–7 дней и высокоточного прогнозирования паводков с заблаговременностью до нескольких часов, возможность заблаговременного оценивания гидрометеорологической уязвимости объектов гидроэнергетики в условиях изменения климата и переменной антропогенной нагрузки на речные водосборы, а также возможность расчёта основных гидрологических характеристик, используемых для проектирования гидротехнических сооружений, с учётом изменения климата и переменной антропогенной нагрузки на водосборы рек, используемых для производства электроэнергии.

#### Список использованных источников

1. Определение расчетных гидрологических характеристик, СНиП 2.01.14-83, Государственный комитет СССР по делам строительства, Москва, 1985.
2. Свод правил «Определение основных расчетных гидрологических характеристик», СП 33-101-2003 – М.: Стройиздат, 2004.
3. Руководство по определению расчетных гидрологических характеристик – Л.: Гидрометеоиздат, 1972.
4. Л.Н. Карлин, В.А. Кузьмин, А.В. Дикинис, М.Э. Иванов, Д.В. Шилов, Е.Г. Бородин, Е.Д. Степанова, И.С. Макин, А.В. Чубарова, Д.Ю. Румянцев, К.В. Шеманаев. Отчет о научно-исследовательской работе «Разработка технологий мониторинга, расчёта и прогнозирования гидрометеорологической уязвимости гидротехнических сооружений в условиях изменения климата и переменной антропогенной нагрузки», Санкт-Петербург, 2013.
5. В.А. Кузьмин, А.А. Полякова, С.В. Еремина, И.С. Гаврилов, Н.А. Рошет. Автоматизированное прогнозирование опасных гидрологических явлений на малоизученных и неизученных водосборах Российской Федерации//Ученые записки Российского гидрометеорологического университета.– 2013.–№29.–С. 29-35.